

**Zur Morphologie und Pathologie
der Gefäßwand des Anfangsteiles der
Carotis interna bei jungen Menschen**

von

Christa Lang

aus Wien

1970

Aus dem Pathologisch-Anatomischen Institut
der Universität Erlangen
Direktor: Professor Dr. Erich M ü l l e r

Zur Morphologie und Pathologie der Gefäßwand
des Anfangsteiles der Carotis interna
bei jungen Menschen

I N A U G U R A L - D I S S E R T A T I O N

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von

Christa L a n g
aus Wien

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. H. Valentin
Referent: Professor Dr. H. Schmidt
Korreferent: Professor Dr. E. Müller

Tag der mündlichen Prüfung: 26. März 1970

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

E i n l e i t u n g

In der Ätiologie der vaskulär bedingten cerebralen Prozesse wurde früher allgemein dem intrakraniellen Gefäßsystem die entscheidende Bedeutung beigemessen.

BRISSAUD in Frankreich, HUNT (1914) in Amerika und HULTQUIST (1942) in Schweden wiesen als erste darauf hin, daß in Übereinstimmung mit älteren pathologisch-anatomischen Studien Hirninfarkte auch durch stenosierende Prozesse an den großen Kiemenbogenarterien, besonders den inneren Halsschlagadern und den Vertebralarterien verursacht werden können.

Als Folgerung aus dieser Erkenntnis begründeten in den Jahren 1953-54 EASTCOTT und ROB, später DE BAKEY et al. die Endarterektomie als chirurgische Therapieform der intermittierenden cerebralen Claudicatio, eine Operation, welche von Chirurgen wie MORRIS, MURPHEY, EDWARDS, FAUREL in den USA, England und Frankreich aufgegriffen und zur Arterioplastik weiterentwickelt wurde.

Da die weitaus größte Bedeutung unter den stenosierenden arteriosklerotischen Prozessen der das Gehirn versorgenden großen Gefäße der Arteriosklerose im Anfangs-

teil der Carotis interna zukommt (MURPHEY), ergibt sich die Frage, wie die frühesten arteriosklerotischen Veränderungen dieses Gefäßabschnittes beschaffen, in welcher Altersgruppe sie zu suchen sind und ob zu ergründen ist, inwieweit Besonderheiten in der Struktur der Gefäßwand bei ihrer Entstehung eine Rolle spielen. Die zu diesen Fragen erhobenen Befunde werden nachfolgend mitgeteilt.

U n t e r s u c h u n g s g u t u n d M e t h o d i k

Es wurden die Carotisgabeln beider Körperseiten von 56 Menschen im Alter von 3 Monaten bis zu 35 Jahren zur Untersuchung verwendet. Über die genaue Altersverteilung gibt Tab. 1 Aufschluß.

0-9 J.	10-19 J.	20-29 J.	30-35 J.
17	10	20	9 Fälle

Tab. 1: Anzahl der Fälle pro Altersstufe

Von diesen 56 Fällen waren 36 männlichen und 20 weiblichen Geschlechts. Die Carotisgabeln wurden nach

Formolfixierung der Halsschlagadern $1/2$ cm unterhalb und 3 cm oberhalb der Abgangsstelle der Carotis interna abgeschnitten.

Beim Herstellen der histologischen Präparate erfolgte die Schnittführung in der Längsrichtung des Gefäßes in frontaler Ebene, d.h. in der Weise, daß die Stelle der maximalen seitlichen Ausbuchtung des Anfangsteils der Carotis interna in den Schnitt zu liegen kam (Abb. 1). Von der Carotis der einen Körperseite wurden Gefrierschnitte von $20\ \mu$ Dicke angefertigt, welche mit Hämalau-Sudan und nach B. Fischer zur gleichzeitigen Darstellung von elastischen Fasern und Lipoiden mit Resorzin und Scharlachrot gefärbt wurden. Von den Carotiden der anderen Seite wurden nach Paraffineinbettung Schnitte von $7\ \mu$ Dicke hergestellt und mit Hämalau-Eosin, nach van Gieson und nach Weigert zur Darstellung der elastischen Fasern gefärbt. Bei der mikroskopischen Auswertung wurden auch Messungen der Gefäßwanddicke an verschiedenen Stellen durchgeführt. Bei der Beurteilung der Präparate richtete sich das Hauptaugenmerk auf die äußere, ausgebuchtete Wand der Carotis interna und der sich nach proximal anschließenden Carotis communis.

U n t e r s u c h u n g s b e f u n d e

A. A l l g e m e i n e P a t h o l o g i e d e r G e f ä ß w a n d v e r ä n d e r u n g e n

1. H ä u f i g k e i t

Die Gefäßwände der untersuchten Carotiden sind bei Berücksichtigung auch geringer morphologischer Abweichungen zu einem hohen Prozentsatz pathologisch verändert, nur 9 % entsprechen dem normalen histologischen Bild. Zwischen den Carotiden der beiden Körperseiten eines Menschen sind dabei keine auffälligen Unterschiede im Ausprägungsgrad der Gefäßwandveränderungen festzustellen. Es findet sich nur ein einziger Ausnahmefall im Untersuchungsgut, bei dem es sich um eine Aortenisthmusstenose handelt.

2. M o r p h o l o g i e

a. I n t i m a

Die Veränderungen der Intima zeigen sich als Fibrose und Lipoidose, welche zumeist in Verbindung miteinander auftreten.

Die Fibrose ist je nach Altersgruppe gering- bis höhergradig, ihr jeweils größtes Ausmaß erreicht sie an bestimmten Stellen im Verlauf des Gefäßes.

Die Lipoidose besteht in ihrer leichtesten Form in einer diffusen oder feintropfigen Einlagerung von Lipoiden in die Grundsubstanz zwischen den Fasern, wobei keine zellige Reaktion zu sehen ist. Bei den deutlicher ausgeprägten Formen sind die Lipide in Mesenchymzellen gespeichert, wobei von vereinzelt, sehr kleinen Schaumzellen, welche besonders in den basalen Anteilen der Intima liegen, bis zu Nestern von unmittelbar aneinander grenzenden großen Schaumzellen, die fast die ganze Breite der Intima einnehmen, sämtliche Übergangsstufen ausgebildet sind. Atheromatöse Strukturen mit kernlosen Bezirken und spießförmigen Aussparungen sind sehr selten nachweisbar, nämlich in 3 Fällen, wobei es sich um Männer im Alter von 27, 29 und 34 Jahren handelt.

b. Media

In der Media bestehen die Veränderungen in geringgradiger Lipoidose und in einer auffällig lokalen Anhäufung der vasa vasorum.

Die diffuse Lipoidereinlagerung betrifft vor allem den elastischen Grenzstreifen, der der Intima anliegt; bei massiver Ausprägung sind die elastischen Fasern etwas auseinandergedrängt. Von der übrigen Media weist der innerste Anteil eine diffuse Lipoidose oder kleinzellige

Lipoidspeicherung in den wenigen Fällen auf, in denen die Intima besonders stark verfettet ist.

Die die Media aufbauenden zelligen und fasrigen Elemente sind morphologisch nicht verändert, doch ist die Kontinuität ihres Gefüges durch von der Adventitia her einstrahlende vasa vasorum unterbrochen. Diese Gefäße reichen im Anfangsteil der Carotis interna besonders weit in die Media und sind hier auch in größerer Anzahl vorhanden. Die Media, die sich nach innen zu an diese vasa vasorum anschließt, ist zum Teil auffallend kernarm und faserreich.

c. A d v e n t i t i a

Die Adventitia ist in dem untersuchten Gefäßbereich unauffällig. Sie enthält lockeres Bindegewebe und zahlreiche der Arterie parallel laufende kleine Gefäße.

B. Spezielle Pathologie der Gefäßwandveränderungen

1. Intima

a. Carotis communis

In der Carotis communis ist die Intima bei den 0-5jährigen sehr schmal, sie nimmt bis zur Gruppe der 20-25jährigen stetig an Breite zu, in den Fällen vom 26. Lebensjahr an jedoch in etwas stärkerem Maß, was als geringe Fibrose imponiert. Auch die Lipoidose ist geringfügig. Eine diffuse Sudanophilie besteht bis zum 25. Lebensjahr in nur 6 % der Fälle, bei den 25-30jährigen dagegen in 2 von 11 (18 %) und bei den 30-35jährigen in 5 von 9 (56 %) der Fälle, wobei in 3 Präparaten dieser beiden letzten Gruppen zusätzlich kleinere und mittelgroße Fettspeicherzellen zu sehen sind.

b. Übergangsstelle zwischen Carotis communis und Carotis interna

Die Übergangsstelle zwischen Carotis communis und Carotis interna ist in nahezu allen Präparaten (in 94 %)

von einer polsterförmigen Intimafibrose überzogen (Abb. 2), deren Gipfel meist etwas nach oben in Richtung der Carotis interna verschoben ist. Diese Fibrose ist bei aufeinanderfolgenden Altersklassen jeweils etwas breiter. Sie enthält bei den jüngeren Altersgruppen kaum sudanophile Stoffe, während bei den älteren Gruppen die Lipoidose zunehmend größeres Ausmaß erreicht. Bis zum Alter von 20 Jahren ist diese Stelle in 70 % der Fälle nicht sudantingiert. In den restlichen 30 % zeigt sich eine diffuse Gelbfärbung besonders in den basalen Anteilen der Intima, wobei 2mal zusätzlich kleine, zu Streifen oder Haufen angeordnete Fettzellen zu finden sind (Abb. 3). In der Altersgruppe von 20 bis 25 Jahren ist bereits jede zweite Carotis in dieser Weise verfettet. In der Gruppe von 25 - 35 Jahren sind es $\frac{2}{3}$ aller Fälle. In dieser ältesten Gruppe ist die Lipoidose in ca. 50 % intensiver ausgeprägt, mittelgroße bis große Fettspeicherzellen sind meist basal und etwas nach oben zu verschoben in Gruppen oder Nestern in die Intima eingelagert. Bei einem 29jährigen findet sich an dieser Stelle ein Atherom mit beginnender Kalkinkrustation.

c. A n f a n g s t e i l d e r C a r o t i s
 i n t e r n a (B u l b u s)

Im Bulbus, der vom Beginn der Carotis interna bis zu der Stelle reicht, an der die Gefäßwand vom elasti-

schen vollständig in den muskulären Typ übergeht, besteht häufig eine Verbreiterung der Intima in Form einer Fibrose, und zwar bei den bis 10jährigen in 38 %, bei den 10-20-jährigen in 74 % und bei den 20-35jährigen in 96 % der Fälle.

Die Lipoidose ist im Bereich dieser Intimaverdickung am stärksten ausgeprägt, wobei ihre Häufigkeit und Intensität umso größer sind, je höher die Altersklasse liegt. So zeigen bei den bis 5jährigen 9 von 13 (70 %) Carotiden hier keine Fetteinlagerung, während in der Gruppe der 5-10jährigen nur noch eine von 4 Carotiden ohne Lipoidose angetroffen wird. Vom 11. Lebensjahr an sind in jeder der untersuchten Carotiden Lipoidoseherde zu finden. Diese Herde reichen in ihrer Ausprägung von diffuser Sudan-tingierung des Zwischengewebes (16 %), eventuell mit Einlagerung von kleinen Fettzellen (24 %), über größere Ansammlungen von mittelgroßen Fettzellen (36 %) bis zu größeren Schaumzellennestern (24 %), wobei die beiden letztgenannten Formen hauptsächlich beiden über 25jährigen vorkommen. Lokalisatorisch finden sich die Lipoidoseherde 12mal über den in die Media einstrahlenden vasa vasorum, welche weiter unten beschrieben werden (Abb. 4), 15mal liegen sie dort, wo in der Media größere zusammenhängende Areale von Muskelfasern den eigentlichen Übergang zum muskulären Gefäßtyp bilden. In den höheren Altersgruppen fehlt diese Zuordnung, da sich die Herde über die gesamte

Bulbusstrecke verteilen, doch sind sie da an den genannten Stellen weiter entwickelt als an den übrigen. So kommt z.B. bei einem 27jährigen am Beginn des muskulären Typs ein Atherom vor, während bei einem 34jährigen ein Atherom etwas oberhalb der tiefen vasa vasorum liegt.

Von der Stelle an, an der die Gefäßwand vollständig nach dem muskulären Typ aufgebaut ist, ist die Intima bei sämtlichen Altersgruppen fettfrei und nicht verbreitert.

2. Media

a. Carotis communis

In der Communis zeigt die Media den normalen Aufbau vom Typ der elastischen Gefäße. Die Lipoidose ist gering. Eine angedeutete diffuse Sudanophilie findet sich bei den bis 20jährigen in 2 von 27 Fällen (7,4 %), bei den 20-35jährigen in 5 von 29 Fällen (17 %). Im elastischen Grenzstreifen, der der Intima anliegt, läßt sich die Zwischensubstanz bei den unter 20jährigen nur bei einem 19jährigen, bei den über 20jährigen dagegen in 10 von 29 Fällen (35 %) relativ stark mit Sudan färben.

Die Grenze zur Adventitia verläuft geradlinig oder nur leicht gebuchtet. In 42 % der Präparate sind auf eine Strecke von 4,7 mm bis 1,3 mm vor Beginn der Carotis in-

terna größere vasa vasorum zu sehen, die die Media zu durchschnittlich 15 % ihrer Breite durchsetzen. Dabei sind in diesem Teilstück der Carotis communis ein, zwei und drei Gefäße in der Häufigkeit von 28, 12 und 2 % anzutreffen. Eine Beziehung zwischen Häufigkeit und Altersstufe ergibt sich nicht.

b. Ü b e r g a n g s s t e l l e v o n C a r o t i s c o m m u n i s i n d i e C a r o t i s i n t e r n a

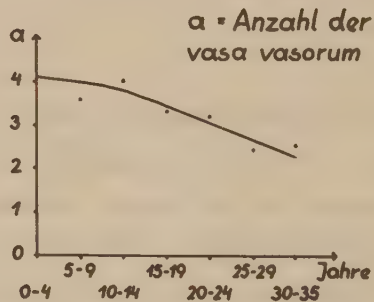
An der Übergangsstelle von der Carotis communis in die Carotis interna verschmälert sich die Media gegenüber ihrer Breite in der Carotis communis um etwa knapp die Hälfte. Unmittelbar nach Beginn der Carotis interna findet sich eine Reihe von größeren Gefäßen, die von der Adventitia her in die Media einstrahlen. Diese vasa vasorum sind jeweils von einem kleinen Hof von lockerem Bindegewebe umgeben, so daß das dichte Gefüge der elastischen und muskulären Fasern der Media zapfenartige Defekte aufweist (Abb. 5). Die Störung des Gefüges erfaßt in vielen Präparaten die gesamte Strecke zwischen den Gefäßen, so daß in den Gefrierschnitten in 60 % der Fälle diese Stelle aufgelockert und heller gefärbt erscheint. In den v.G.-Präparaten enthält diese Stelle der Media vermehrt rot-

gefärbte kollagene Fasern. Die Strecke, auf der die Gefäße zu finden sind, ist bei den

0-10jährigen durchschnittlich 3,8 mm, bei den 10-20jährigen durchschnittlich 4,1 mm, bei den 20-35jährigen durchschnittlich 4,2 mm lang.

Die Anzahl der Gefäße in dem vom histologischen Schnitt erfaßten Teilstück der Carotis interna ist in Tab. 2 als Durchschnittswert für jede Altersgruppe angegeben.

0 - 4 J.	4,1
5 - 9 J.	3,6
10 - 14 J.	4,0
15 - 19 J.	3,3
20 - 24 J.	3,2
25 - 29 J.	2,4
30 - 35 J.	2,5



Tab. 2: Durchschnittliche Anzahl der vasa vasorum pro Carotis interna in den verschiedenen Altersstufen, links tabellarisch, rechts im Diagramm.

Aus Tab. 2 wird deutlich, daß die Anzahl der vasa vasorum mit zunehmendem Alter zurückgeht, von durchschnittlich 4,1 in den ersten Lebensjahren auf durchschnittlich 2,5 bei den 30-35jährigen. Die Gefäße durchsetzen im Durchschnitt einen Anteil der Media, der 31,1 % ihrer Breite ausmacht. Da bei diesem Wert allerdings auch die nur kurz angeschnittenen vasa vasorum berücksichtigt sind, soll in Tab. 3 der Durchschnittswert aus den jeweils längsten Gefäßen gebildet werden.

0 - 9 J.	10 - 19 J.	20 - 35 J.
41,3	41,5	41,3 %

Tab. 3: Durchschnittlicher Anteil der Mediabreite in %, den die jeweils längsten vasa vasorum durchsetzen.

Von diesen längsten vasa vasorum durchstrahlen 36 % mehr als die halbe Breite der Media.

Die Media, die sich nach innen, d.h. dem Lumen zu an diese vasa vasorum anschließt, ist in 36 % der Fälle in ihrer Struktur verändert. Ihre innerste, der Intima anliegende Schicht, die etwa ein Viertel der Gesamtbreite der Media ausmacht, besteht aus einem dichten, manchmal wabig aufgelockerten Filz elastischer Fasern, zwischen denen relativ wenig Zellkerne zu sehen sind. Sie zeigt bei den über 15jährigen in 9 von 23 Fällen (39 %) geringgradige Lipoidose.

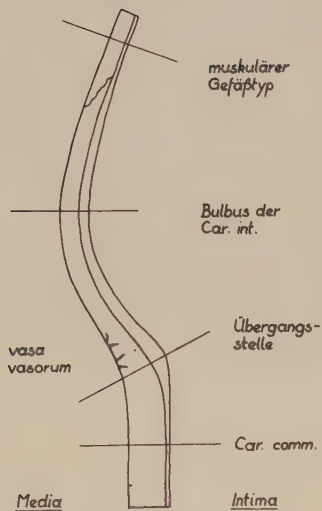
c. A n f a n g s t e i l d e r C a r o t i s
i n t e r n a (B u l b u s)

Distal der Strecke mit den vasa vasorum ist die Media der Carotis interna noch ein kurzes Stück von rein elastischem Aufbau. Der Übergang zum muskulären Typ vollzieht sich zu 90 % in der Weise, daß zunächst an der Außenseite der Media größere Muskelfasergruppen die elastischen Strukturen ersetzen und nach oben zu einen immer breiteren Raum der Media einnehmen, bis die Gefäßwand vollständig nach dem muskulären Typ aufgebaut ist. Die elastische Grenzlamelle der Media gegen die Intima ist über diesem Übergang bei den über 15jährigen in 50 % der Fälle als einziger Bestandteil der Gefäßwandsudantingiert. In diesem Bereich der Carotis interna sind keine vasa vasorum zu sehen.

B r e i t e n m e s s u n g d e r G e f ä ß w a n d

Sowohl die Intima als auch die Media wurden an 4 Stellen gemessen (Tab. 4).

1. in der Carotis communis
2. auf der größten Höhe der Intimafibrose der Übergangsstelle
3. im Bulbusbereich
4. im Bereich des muskulären Gefäßstyps.

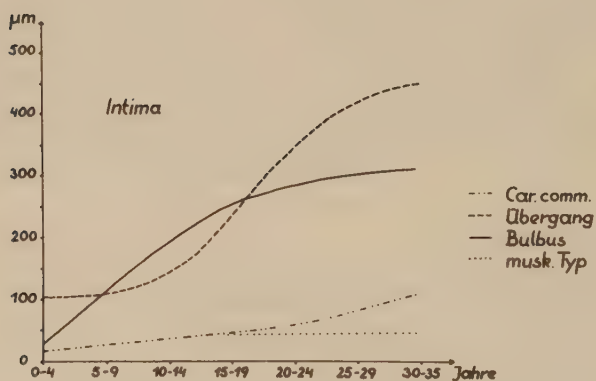


Schema der Meßstellen in
Car. comm. und Car. int.

Tab. 4 : Schematische Darstellung der vier
Meßstellen in Carotis communis und
Carotis interna.

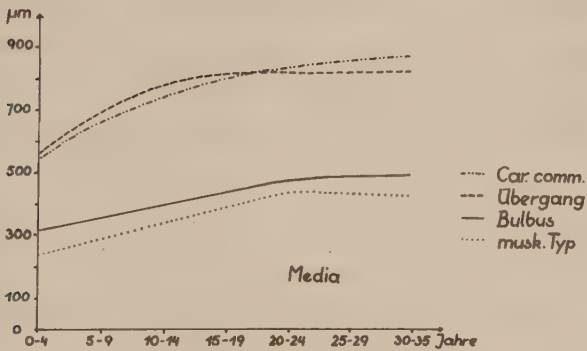
Über die gemessenen Werte orientieren die Tabellen
5 und 6.

Jahre	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-35
Carotis communis	20	30	40	50	60	80	110
Übergang	110	110	130	270	320	430	450
Bulbus	40	90	190	260	280	310	300
musk. Typ	20	30	40	40	40	50	50



Tab. 5 : Breite der Intima in μm an den vier obengenannten Stellen.
Oben tabellarisch, unten im Diagramm.

Jahre	0-4	5-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-35
Carotis communis	550	630	740	830	810	880	870
Übergang	560	690	810	830	810	830	820
Bulbus	350	310	400	450	480	510	490
Musk. Typ	260	270	350	380	450	430	420



Tab. 6 : Breite der Media in μm an den vier obengenannten Stellen.

Oben tabellarisch, unten im Diagramm.

Aus diesen Kurven ist ersichtlich, daß die Altersspanne, in welcher die größte Breitenzunahme pro Zeiteinheit erfolgt, an den verschiedenen Meßstellen differiert. So ergibt sich für die Intima, daß ihre Breite in der Carotis communis ab Beginn des Erwachsenenalters stärker zunimmt, in der polsterförmigen Fibrose der Übergangsstelle zur Carotis interna die größte Breitenzunahme schon in der Altersgruppe von 10-25 Jahren erfolgt und daß im Bulbus die Verbreiterung mit Beginn des Erwachsenenalters beinahe abgeschlossen ist. Die Media dagegen wächst an allen Meßstellen besonders im jugendlichen Alter, sie stellt mit Beginn des Erwachsenenalters ihre Verbreiterung ein und scheint im muskulären Teil sogar wieder schmaler zu werden. An der Übergangsstelle von Carotis communis in die Interna eilt die Breitenzunahme der Media in jüngeren Jahren etwas voraus und kommt bereits vor dem 20. Lebensjahr zum Stillstand.

Beim Vergleich der Breiten von Intima und zugehöriger Media an den vier Meßstellen ergibt sich, daß die Intima in der Carotis communis und im muskulären Teil der Carotis interna in allen Altersstufen etwa $1/10$ so breit wie die Media ist, während an der Übergangsstelle von Carotis communis in Carotis interna der Quotient von Intimabreite zu Mediabreite von ca. $2/10$ bei den 0-5jährigen auf $5/10$ bei den 25-30jährigen und im Bulbus von $1/10$ bei den 0-5jährigen auf $6/10$ bereits bei den 15-20jährigen ansteigt.

Zusammenfassung der Untersuchungsbe funde

Die Gefäßwand der Carotis communis und des sich anschließenden Anfangsteils der Carotis interna ist vom elastischen Typ. Am distalen Ende des Bulbusbereiches der Carotis interna erfolgt der Übergang zum muskulären Typ.

In großer Häufigkeit finden sich in diesem Gefäßbereich bei jungen Menschen Gefäßwandveränderungen in Form von Fibrose und Lipoidose, welche in den einzelnen Gefäßabschnitten zu verschiedenen Zeitpunkten und in verschiedener Intensität auftreten.

In der Carotis communis weist die Intima eine geringe Fibrose in der Gruppe der über 25jährigen und eine diffuse und kleinzellige Lipoidose bei 18 % der 25-30jährigen und bei 56 % der 30-35jährigen auf. Die Media der Carotis communis zeigt Lipoidose in Form von diffuser Sudanophilie oder als intensive Sudantingierung des elastischen Grenzstreifens zur Intima in 10 % bei den 0-20jährigen und in 52 % bei den über 20jährigen.

An der Übergangsstelle von Carotis communis in die Carotis interna ist die Intima in 94 % der Fälle zu einer polsterförmigen Fibrose verbreitert, welche bei den unter 20jährigen in 30 % der Präparate und vom 20.-25. Lebensjahr in 50 % geringere, vom 25. Lebensjahr an intensivere

Lipoidose in 66 % aufweist. Die Media verschmälert sich an dieser Stelle. Ihre innerste Schicht ist in 36 % der Fälle verändert; Kernarmut, Reichthum an elastischen Fasern und bei den über 15jährigen in knapp 40 % der Fälle eine geringgradige Lipoidose zeichnen sie aus. Sie erstreckt sich über eine Gefäßstrecke, in der von außen in die Media große vasa vasorum einstrahlen.

Im Bulbus der Carotis interna ist die Intima bei den 0-10jährigen in 38 %, bei den 10-20jährigen in 74 % und bei den 20-35jährigen in 96 % in Form einer Fibrose verändert, welche vom 11. Lebensjahr an halb so breit wie die zugehörige Media ist. Die Lipoidose ist hier am intensivsten ausgeprägt und schon vom 11. Lebensjahr in jedem Präparat zu finden, wobei die Herde häufig über den in die Media einstrahlenden Gefäßen und am Beginn des muskulären Gefäßtyps liegen. Die Media ist bereits distal der großen vasa vasorum, die Intima erst im Bereich des muskulären Gefäßtyps unauffällig.

Die vasa vasorum fallen durch ihre Länge und die Häufung an einer bestimmten Stelle auf. In der Carotis communis sind in knapp 40 % der Fälle auf der Strecke bis zu 4,7 mm vor dem Beginn der Carotis interna vereinzelte kurze Gefäße zu sehen, welche 15 % der Mediabreite durchstrahlen. Vom Beginn der Carotis interna bis etwa 4 mm danach beanspruchen die vasa vasorum dagegen durchschnittlich 30 % der Mediabreite; bei Berücksichtigung

nur der jeweils am längsten angeschnittenen Gefäße durchschnittlich 40 % der Breite. Von den letzteren durchsetzen 36 % mehr als die halbe Media. Ihre Anzahl nimmt von durchschnittlich 4,1 pro Carotispräparat bei den 0-5jährigen auf 2,5 bei den 30-35jährigen ab.

D i s k u s s i o n

Wie das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, sind im Anfangsteil der Carotis interna schon bei jungen Menschen in großer Häufigkeit Veränderungen festzustellen, die als - zum Teil sicher noch reversible - Frühstadien einer Arteriosklerose angesprochen werden können. Die Frage liegt nahe, warum diese frühzeitigen Veränderungen gerade an dieser Stelle auftreten. Man wird nicht fehlgehen, die Ursache dafür in einem nur lokal wirksamen Mechanismus zu suchen, da andernfalls die Arteriosklerose in allen Gefäßbereichen in gleichem Grad ausgeprägt sein müßte, was bekanntlich nicht der Fall ist.

Versucht man anhand der erhobenen Befunde zu einer pathogenetischen Deutung zu kommen, so läßt sich feststellen, daß nach diesen Befunden strukturelle Besonderheiten im Bereich von Intima und Media des Anfangsteils der Carotis interna gegeben sind, die den Eindruck hinterlassen, als vermöchten sie bei der Entstehung der Arteriosklerose in diesem Gefäßabschnitt tatsächlich eine entscheidende Rolle zu spielen. Es ist dies von den an der Intima im unmittelbaren Abgangsbereich des Gefäßes aus

der Carotis communis schon in den ersten Lebensjahren obligat vorhandenen circumscripsten Intimapolstern anzunehmen, ferner von den sich vielfach unmittelbar daran anschließenden, in der Regel bis zum Übergang in den muskulären Gefäßteil reichenden, zumeist während des späteren Kindes- oder Jugendalters entstehenden Intimaverdickungen des Interna-Anfangsteiles, schließlich von Strukturbesonderheiten der Media in Form von Unterbrechungen und Auflockerungen des Fasergefüges durch "gebündelt" einstrahlende vasa vasorum im Übergangsbereich von Carotis communis zu Carotis interna.

Was zunächst die circumscripsten Intimapolster im unmittelbaren Abgangsbereich der Interna aus der Communis betrifft, so dürfte es sich bei ihnen um funktionelle Strukturen (ERNST) handeln, da sie sich in dieser Form offenbar immer am Abgang von Seitenarterien befinden. Zumindest ist dies für die Seitenarterienostien der Aorta, insbesondere die Ostien der Intercostalarterien, seit langem bekannt (WESTENHÖFER, DOERR u.a.). Nach unseren Befunden muß dies aber auch für die aus den großen Ästen der Aorta abgehenden Arterienzweige angenommen werden, da in unserem Untersuchungsgut diese Intimapolster auch am Abgang der Carotis externa aus der Carotis communis und am Abgang der Arteria thyreoidea cranialis aus der Carotis externa regelmäßig, wenn zumeist auch weniger

stark entwickelt, nachweisbar waren. Die Regelmäßigkeit ihres Vorhandenseins legt es nahe, in ihnen gewebliche Produkte einer funktionellen Anpassung der Gefäßintima an Veränderungen der Blutströmung, wie sie im Teilungsgebiet oder Abgangsgebiet eines Gefäßes sicherlich gegenseitig, zu sehen. Nach Untersuchungen von DANIEL, der von Menschen aller Altersgruppen Ausgußpräparate der Carotiden im Gabelbereich herstellte und anhand dieser Ausgußpräparate die Gefäßdurchmesser der Carotis communis und der Carotis interna von ihrem Ursprung aus der Carotis communis an in verschiedenen Höhen bestimmte, stellt sich der durch die polsterförmigen Intimaverdickungen gekennzeichnete Internaabgang am Ausgußpräparat in vielen Fällen als ein deutlich wahrnehmbarer Engpaß in der Gefäßweite zwischen Carotis communis und Anfangsteil der Carotis interna dar, da die Carotis interna nach ihrem Abgang aus der Carotis communis in 66,5 % der Fälle (in der Altersgruppe bis 30 Jahren in 56,3 % der Fälle) eine bulbusartige Anschwellung des Gefäßdurchmessers aufweist, die dem Durchmesser der Carotis communis vor ihrer Gabelung nahekommmt (siehe Abb. Nr. 1 aus der Arbeit von DANIEL). Da im Bereich umschriebener physiologischer oder pathologischer Engstellen eines Gefäßes der auf der Gefäßwand lastende Blutdruck infolge der in Engstellen gegebenen höheren Blutstromgeschwindigkeit (Gesetz von BERNOULLI) abnimmt, wäre es vorstellbar, daß die Intima-

polster am Internaabgang durch Anpassung an einen geringeren Gefäßwanddruck in diesem Bereich zustande kommen. Wie man sie auch auffassen mag, sie dürften jedenfalls von erheblicher Bedeutung für die Hämodynamik in der nachgeschalteten Gefäßstrecke des Anfangsteiles der Carotis interna sein. So ist anzunehmen, daß sie in diesem bulbosartig weiten und damit wieder unter höherem Druck stehenden Gefäßteil Turbulenzen des Blutstromes, insbesondere Wirbelbildungen begünstigen und durch diese Wachstumsvorgänge der Intima in Gang bringen, die für die spätere Entstehung einer Arteriosklerose von Bedeutung sein können. Eine solche Annahme wird durch Veränderungen in Form riefelförmiger oder pilzhutförmiger Intimawucherungen im Anfangsteil der Carotis interna unmittelbar cranial des Internaabganges gestützt, da derartige Veränderungen allein als Auswirkungen unterschiedlicher Drucke zwischen randständigen Strömungswirbeln im Sinne "verwirbelter Totwasserzonen" (DOERR) sinnvoll erklärbar sind. Ebenso kann man sich auch die gelegentlich wahrnehmbaren sattelförmigen Einsenkungen der am Internaabgang gelegenen Intimapolster selbst nur als durch Strömungswirbel entstandene Verformungen vorstellen. Nicht zuletzt ist es die im Bereich solcher Wellentäler der Intimapolster, ferner in der Talsohle zwischen diesen und den pilzhut- oder riefelförmigen Intimaproliferaten sowie schließlich die in die-

sen selbst schon frühzeitig nachweisbare Insudation und zelluläre Speicherung von Fettstoffen, die diese funktionellen Strukturen als Praedilektionsorte für die Entstehung einer Arteriosklerose ausweist.

Im Gegensatz zu den funktionellen Intimapolstern am Internaabgang kann die sich in der Regel genau bis zum Übergang in den muskulären Gefäßteil erstreckende, vielfach direkt an die Intimapolster des Internaabganges anschließende Intimaverdickung im Anfangsteil der Carotis interna kaum als eine funktionell bedingte Struktureigentümlichkeit aufgefaßt werden. Ihre enorme Massenzunahme von 40 μ Breite auf 280 - 300 μ Breite innerhalb der ersten drei Lebensjahrzehnte weist sie als einen offenbar im Lebensablauf beschlossenen Wachstumsvorgang im Sinne der Physiosklerose BÜRGER's aus, zumal sie auch ihrer histologischen Struktur nach mit einem vorwiegend fibrillären, nur bei jüngeren Individuen stellenweise noch retikulären Bindegewebe dem für eine Physiosklerose geforderten Gewebsaufbau entspricht. Da sie schon in jungen Jahren mit Einlagerung lipoider Substanzen und zellulärer Speicherung derselben unter Bildung von Schaumzellherden einhergeht, ist es wenig zweifelhaft, daß sie darüber hinaus einen günstigen Boden für die Entwicklung arteriosklerotischer Prozesse darstellt. Welche Faktoren diesen mächtigen Wachstumspro-

zeß der Intima im Internaanfangsteil in Gang setzen, ist im einzelnen nicht sicher zu entscheiden. Mit einer etablierten Sklerose im Sinne von DOERR, d.h. einer durch Umbau funktioneller Intimastrukturen entstandenen Sklerose dürfte sie kaum etwas zu tun haben, da solche funktionelle Strukturen nach Art der von der Aorta her bekannten Intimariffel (ERNST, DOERR) im Internaanfangsteil junger Menschen nicht nachweisbar sind. Eher gewinnt man den Eindruck, als sei die Intimaverdickung im Internaanfangsteil ein mit der schon erwähnten bulbusartigen Ausweitung dieses Gefäßabschnittes in ursächlichem Zusammenhang stehendes, diese Ausweitung kompensierendes und ihr damit gewissermaßen entgegenwirkendes Reaktionsprodukt. Dieser Eindruck wird besonders dadurch vermittelt, daß die verdickte Intima meist nur wenig oder gar nicht das Niveau der Gefäßinnenfläche überragt, sondern in die Bulbusbucht des Internaanfangsteils wie eingebaut erscheint. Besonders am Übergang zum muskulären Gefäßteil ist dieser Eindruck, wie Abb. 6 zeigt, vielfach evident. Man erkennt zwischen elastischem und muskulärem Gefäßwandteil die craniale Bulbusbucht, die in diese Bucht ohne nennenswerte Protuberanz eingefügte und am Beginn des muskulären Gefäßteiles in das Intimaniveau desselben kontinuierlich übergehende Intimasklerose. Die Abbildung macht darüber hinaus deutlich, daß der bulbusartigen Aussackung des Internaanfangs-

teiles offensichtlich eine "Mediaschwäche" zugrunde liegt. Das leitet zu den Strukturbesonderheiten der Media und der damit auftauchenden Frage über, inwieweit in ihnen in Bezug auf die Intima morphogenetische Faktoren erblickt werden können.

Aus unseren Befunden geht hervor, daß die Media am Abgang der Carotis interna aus der Carotis communis eine abrupte Verschmälerung auf knapp die Hälfte der Mediabreite der Carotis communis erfährt. Hinzu kommt, daß im Bereich des Überganges von Carotis communis zu Carotis interna (meist mehr zur Interna hin) eine Unterbrechung und mehr oder minder starke Dissoziation des Fasergefüges der äußeren Mediaschicht besteht, hervorgerufen durch die hier auf engstem Raum, sozusagen gebündelt in die Media einstrahlenden vasa vasorum. Die an Stelle der einstrahlenden vasa vasorum besonders in Elasticaschnitten als zapfenartige, zum Teil wie ausgestanzt wirkende Defekte zur Darstellung kommenden Unterbrechungen des Mediagefüges finden sich immer nur in diesem Übergangsbereich zwischen Carotis communis und Carotis interna. Da es wahrscheinlich ist, daß diesen optischen Unterbrechungen auch tatsächliche Unterbrechungen besonders der elastischen Medialamellen zugrunde liegen, ist zu vermuten, daß in der Festigkeit der Mediatextur in diesem Übergangsbereich zwischen Caro-

tis communis und Carotis interna eine erhebliche Beeinträchtigung besteht, als deren Folge eine Herabsetzung der Wandspannung und Erhöhung der Dehnbarkeit gegenüber den Druckwirkungen der Blutströmung zwanglos angenommen werden kann. Es dürfte daher sehr wahrscheinlich sein, daß die bulbusartige Ausweitung des Anfangsteiles der Carotis interna durch eine Überdehnung der Gefäßwand auf dem Boden dieser "Störung" der Mediastextur zustande kommt, wobei daran zu denken ist, daß sich die Ausweitung der Gefäßwand und die durch sie zwangsläufig gegebene Erhöhung des Gefäßwanddruckes im Sinne eines Circulus vitiosus in steigendem Maße dadurch gegenseitig ungünstig beeinflussen, daß die der primären Ausweitung nachfolgende Blutdruckerhöhung zu einer weiteren Intensivierung der für die Ausweitung primär verantwortlichen textuellen Mediastörungen Anlaß geben kann. Diese Annahme läßt sich durch unsere Untersuchungsbefunde insofern stützen, als die Anzahl der vasa vasorum im Bereich des Internaabganges mit steigendem Lebensalter abnimmt (von durchschnittlich 4,1 bei den bis 5jährigen auf durchschnittlich 2,5 bei den 30-35jährigen), was sicherlich nur mit einer Verödung von vasa vasorum durch ein Überwiegen des intramuralen Kompressionsdruckes über den Kapillardruck in den vasa vasorum erklärt werden kann. Da aus einer Verödung von vasa vasorum eine mangelhafte Ernährung der äußeren Gefäß-

wandschicht resultieren dürfte, kann gefolgert werden, daß sich daraus wiederum strukturelle Schädigungen der äußeren Mediaschicht, die eine weitere Nachgiebigkeit der Gefäßwand begünstigen, ergeben müssen. Insofern wird man, wie oben angeführt, tatsächlich von einer "Mediaschwäche" im Anfangsteil der Carotis interna sprechen und diese als eine primär anlagemäßig, durch textuelle Störungen im Bereich der Media bedingte Mediaschwäche definieren können.

Die Vermutung, daß eine in ihrem Gefüge gestörte und dadurch für weitere Gefügestörungen anfällige Media sich entscheidend auf das Verhalten der Intima auswirken kann und in dieser arteriosklerotische Veränderungen zu induzieren in der Lage ist, ist schon wiederholt - wenn auch von anderen Befundkonstellationen aus - geäußert worden (THOMA, BEITZKE, LINZBACH). Für intimale Prozesse im Anfangsteil der Carotis interna kann man der Mediaschichtstörung dieses Gefäßabschnittes in zweierlei Hinsicht Bedeutung beimessen. Einmal dürfte, wie schon erwähnt, ihre Bedeutung darin liegen, daß sie bzw. die mit ihr einhergehende bulböse Ausweitung der Gefäßlichtung das mächtige, mit steigendem Alter zunehmende Intimawachstum im Internaanfangsteil in Gang setzt, das als Phasiosklerose imponiert und eine der Gefäßausweitung entgegenwirkende Ausgleichsreaktion sein könnte. Die

zweite und für die Entstehung einer Arteriosklerose auf dem Boden dieser Physiosklerose wahrscheinlich entscheidende Bedeutung dürfte ihr dadurch zukommen, daß - wie erörtert - mit zunehmendem Alter die Zahl der im Bereich der gestörten Mediatextur liegenden vasa vasorum - wahrscheinlich durch Verödung im Gefolge eines den Kapillardruck der vasa vasorum übersteigenden intramuralen Kompressionsdruckes - kontinuierlich abnimmt (von durchschnittlich 4,1 im frühen Kindesalter auf durchschnittlich 2,5 Gefäße im Alter von 30-35 Jahren). Bekanntlich dienen die vasa vasorum nicht nur der Ernährung der beiden äußeren Mediadrittel, es kommt ihnen auch eine wichtige Rolle im Abtransport der Blutbestandteile (vor allem plasmatischer Proteine) zu, die aus dem Blut zur Ernährung von Intima und inneren Mediadrittel in diese Wandschichten aufgenommen werden und über die Lymphbahnen und die venösen Schenkel der vasa vasorum die Gefäßwand wieder verlassen sollen (plasmatische Perfusion nach DOERR). Eine mit steigendem Lebensalter zunehmende Verödung von vasa vasorum muß also eine Behinderung der plasmatischen Perfusion zur Folge haben mit dem Effekt einer Stauung der in Intima und innere Media inkorporierten Blutbestandteile, einer Beeinträchtigung des intramuralen Stoffwechsels und schließlich einer Ausfällung von Proteinen und Lipoiden in Form von Intimaödem und Intimaverfettung.

tungen, die nach allgemeiner Ansicht als arteriosklerotische Frühveränderungen zu gelten haben. Der häufig zu führende Nachweis von Intimaverfettungsprozessen gerade im Einstrahlungsbereich der vasa vasorum, ferner die Praedilektion fortgeschrittener arteriosklerotischer Intimaprozesse in diesem Bereich sind ein Indiz hierfür und vermögen damit die entscheidende Rolle der Mediagefügestörung bei der Entstehung arteriosklerotischer Veränderungen zu unterstreichen.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Ausgehend von der Erfahrungstatsache, daß vaskulär bedingte cerebrale Prozesse ihre Ursache auch in stenosierenden arteriosklerotischen Veränderungen der extrakraniellen Hirnarterien haben können und dabei die größte Bedeutung der Arteriosklerose im Anfangsteil der Carotis interna zukommt, wurden die Carotidgabeln von 56 Menschen im Alter von 3 Monaten bis zu 35 Jahren mit dem Ziel untersucht, zu erfassen, wie die frühesten arteriosklerotischen Veränderungen dieses Gefäßabschnittes beschaffen sind und inwieweit Besonderheiten in der Struktur der Gefäßwand gegeben sind, die bei ihrer Entstehung eine Rolle spielen könnten. Es ergab sich, daß im Anfangsteil der Carotis interna Veränderungen der Intima, die teils als Physiosklerose, teils als frühe Stadien einer Arteriosklerose imponieren, im jugendlichen Alter schon außerordentlich häufig angetroffen werden können. Darüberhinaus zeigte es sich, daß die Gefäßwand der Carotis interna in diesem Abschnitt eine Reihe von obligaten Strukturbesonderheiten aufweist, die in circumscribten polsterartigen Intimaprotuberanzen direkt am Abgang des Gefäßes aus der Commu-

nis und in Mediagefügestörungen in Form von Unterbrechungen der elastischen Lamellen durch "gebündelt" in den Ursprungsbereich des Gefäßes einstrahlende vasa vasorum bestehen. Es wird die Ansicht vertreten, daß diese Strukturbesonderheiten entscheidend mitverantwortlich sind für die frühe Etablierung der Arteriosklerose im Anfangsteil der Carotis interna. Die Gründe für diese Ansicht werden im einzelnen dargelegt.



Übergang zwischen
elastischem und
muskulärem Gefäßteil

Übergang von Carotis communis
in Carotis interna mit dar-
überliegendem Intimapolster

Abb. 1 :
Seitliche Wand des Ursprungs-
und des Anfangsteils der
Carotis interna.
23-jähriger Mann, Syringo-
myelie.

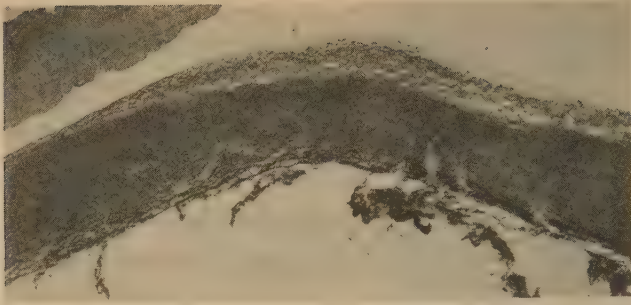


Abb. 2 : Polsterförmige Intima-fibrose an der
Übergangsstelle zwischen Carotis communis
und Carotis interna.
1-jähriges Kind, Hydrocephalus internus.



Abb. 3 : Fettzellenherd im Bereich eines Intima-
polsters am Beginn der Carotis interna.
33-jähriger Mann, Leberzirrhose.

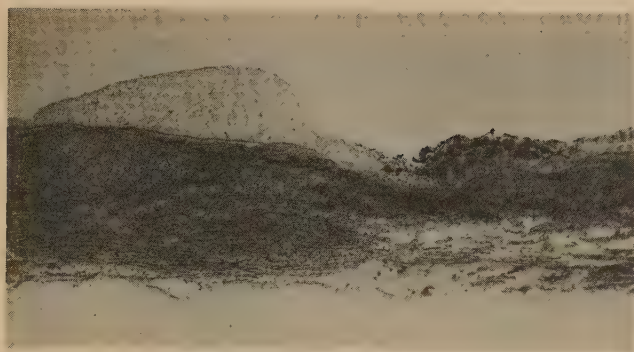


Abb. 4 : Kleiner Lipoidoseherd im Bereich
einstrahlender vasa vasorum.
15-jähriges Mädchen, Blitzschlag.

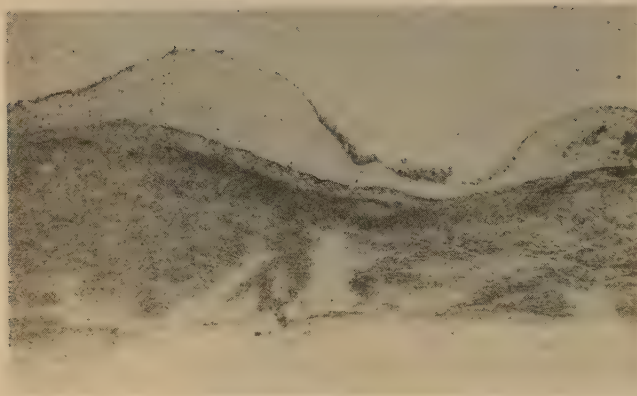


Abb. 5 : Gebündelt einstrahlende vasa vasorum
im Anfangsteil der Carotis interna.
31-jährige Frau, Hirntumor.

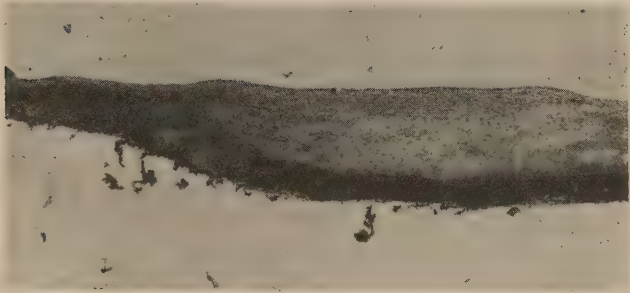


Abb. 6 : Übergang zwischen elastischem und muskulärem
Gefäßteil mit Ausbuchtung des elastischen
Gefäßteils und kompensatorischer Physio-
sklerose der Intima.
35-jähriger Mann, Morbus Hodgkin abdominalis.

L i t e r a t u r

- BEITZKE, H.: Zur Entstehung der Arteriosklerose.
Virchows Archiv 267, 625, 1928.
- BRISSAUD: zit. nach FAUREL, J. und J. P. CARON:
Klinische und anatomische Formen der
Carotisstensenosen.
In KULENKAMPPFF, C. und W. DORNDORF:
Die chirurgische Behandlung der Carotis-
und Vertebralisinsuffizienz.
Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1966.
- BÜRGER, M.: Die Physiosklerose und Arteriosklerose.
In "Altern und Krankheit".
Georg Thieme Verlag, Leipzig, 1957.
- DANIEL, U.: Die morphologischen Manifestationen der
Arteriosklerose an der Carotisgabel.
Inaug.-Diss. Erlangen 1967.
- DOERR, W.: Die Theorie der Perfusion.
In DOERR, W.: Perfusionstheorie der
Arteriosklerose.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1963.
- DOERR, W. und J. DAUGS: Über eine funktionelle Struktur
der Aortenwand.
In DOERR, W.: Perfusionstheorie der
Arteriosklerose.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1963.
- DOERR, W., K. GOERTTLER, J.A. ROSSNER und W. SCHREIL:
Aortensklerose als dissezierendes Problem.
In DOERR, W.: Perfusionstheorie der
Arteriosklerose.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1963.
- EASTCOTT, H.H.G., G.W. PICKERING and C.G. ROB:
Reconstruction of the Internal Carotid
Artery.
Lancet, 2, 994, 1954.
- EDWARDS, Ch. H.: Surgical treatment of the carotid and
vertebral insufficiency with special
consideration of indication.
In KULENKAMPPFF, C. und W. DORNDORF:
Die chirurgische Behandlung der Carotis-
und Vertebralisinsuffizienz.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1966.

- ERNST, P.: Über eine funktionelle Struktur der Aortenwand.
Beitr. path. Anat. 63, 141, 1917.
- FAUREL, J. und J.P. CARON: Klinische und anatomische Formen der Carotisstenosen.
In KULENKAMPPFF, C. und W. DORNDORF:
Die chirurgische Behandlung der Carotis- und Vertebralisinsuffizienz.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1966.
- HULTQUIST, G.T.: Über Thrombosen und Embolie der Arteria carotis.
Stockholm 1942.
- HUNT, J.R.: The role of the Carotid Arteries in the Causation of Vascular Lesions of the Brain with Special Features of the Symptomatology.
Amer. J. med. Sci. 147, 704, 1914.
- LINZBACH, A.J.: Vergleich der dystrophischen Vorgänge am Knorpel und an den Arterien als Grundlage zum Verständnis der Arteriosklerose.
Virchows Arch. path. Anat. 2/3, 311, 1943.
- MORRIS, G.C.Jr. and M.C. DE BAKEY: Surgical Therapy of Carotid and Vertebral Insufficiency.
In KULENKAMPPFF, C. und W. DORNDORF:
Die chirurgische Behandlung der Carotis- und Vertebralisinsuffizienz.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1966.
- MURPHEY, F.: Surgical Treatment of Carotid Occlusive Disease with Special Consideration of Etiology, Pathogenesis and Follow-up Studies.
In KULENKAMPPFF, C. und W. DORNDORF:
Die chirurgische Behandlung der Carotis- und Vertebralisinsuffizienz.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1966.
- THOMA, R.: Über die Abhängigkeit der Bindegewebsneubildung in der Aortenintima von den mechanischen Bedingungen des Blutumlaufes.
IV. Mitteilung: Die diffuse Arteriosklerose.
Virchows Archiv 104, 401, 1886.
- WESTENHÖFER, M.: Über die Lokalisation und phylogenetische Grundlage der Verfettungen und Sklerosen der Aorta und ihrer Äste.
Dtsch. med. Wschr. 48, 518, 1922.

L e b e n s l a u f

Ich wurde am 1.3.1944 in Wien als Tochter des Physikers Dr. Walter Lang und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Lorenz, geboren. Ich besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. In den Jahren 1950 - 54 besuchte ich in Aschach an der Donau, Oberösterreich, die Volksschule. 1954 übersiedelte ich nach Nürnberg, wo ich in das Realgymnasium Labenwolfstraße eintrat und 1963 das Abitur ablegte. Ich studierte in Erlangen Medizin und bestand im Februar 1970 das Staatsexamen. Zur Zeit bin ich als Medizinalassistentin in der Universitäts-Augenklinik Erlangen tätig.

Erlangen, den 16. März 1970

Christa Lang



Buchdruckerei Ludwig Müller Erlangen Fahrstraße 5